

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ НА ШЕЛЬФЕ

В. Н. Петухов, С. В. Орехов, А. М. Щекатуров, Ф. И. Баум (Москва)

Введение

Определение модельно ориентированного проектирования (МОП).

Модельно-ориентированное проектирование систем управления предоставляет эффективный способ взаимодействия участников процесса проектирования, обеспечивающий верификации принимаемых проектных решений путем моделирования, на каждой стадии проекта. Для разработки систему управления он состоит из 4-х этапов:

- создание модели объекта;
- разработка системы управления для объекта;
- моделирование совместно объекта и системы управления;
- интеграция 1-3 создание программно-аппаратного комплекса системы управления.

В статье приводится применение модельно ориентированного подхода для решения задач моделирования гидравлических систем управления на основе «Среды динамического моделирования технических систем «SimInTech».

Постановка задачи

В качестве примера МОП рассмотрим процесс разработки управляющего ПО для гидравлической системы управления системой подводного добычи (СУ СПД) газа.

Управления основными потоками добываемого газа подводой осуществляет гидравлическая подводная арматура. На берегу находится насосная станция, которая обеспечивает давление в гидравлической системе, масло по шлангокабелю подается под давлением под воду. Открытие и закрытие арматуры осуществляют гидроприводы, управления которыми осуществляется с помощью распределенной системы управления. Система состоит из:

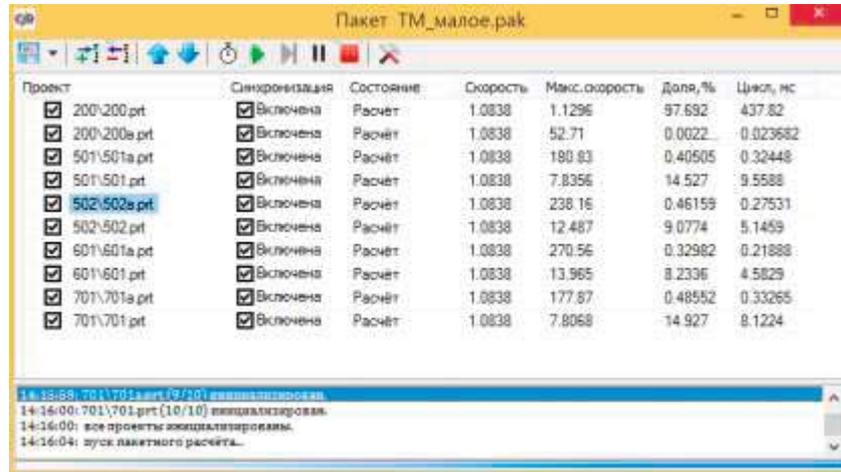
- наземного модуля управления всем месторождением;
- набора подводных модулей управления (ПМУ) обеспечивающих непосредственное управления арматурой.

Для удобства установки и обслуживания трубопроводы объединяются в манифольды, где на одной платформе установлена необходимая арматура и модули управления.

Задача усложняется тем, что до сего времени все оборудование, используемое на шельфе, было импортное, а проекты на шельф сейчас под санкциями. И, соответственно, нужно создавать комплекс, в котором многие технические решения для нас новые и неотработанные. Как получить результат, сократив по возможности ошибки проектирования? На помощь разработчикам приходит модельно-ориентированное проектирование в SimInTech. Вместо того, что бы проводить эксперименты на дорогом оборудовании, мы создаем модель объекта и проводим эксперименты над моделью, проверяя каждое проектное решение и разрабатываемую систему управления.

Комплексная модель подводной системы управления

Для проектирования программного обеспечения создается комплексная модель в виде пакета, содержащего как модели течения гидравлической жидкости под водой с арматурой, так и проекты системы управления (см. рис. 1).



Проект	Синхронизация	Состояние	Скорость	Макс. скорость	Доля, %	Цикл, мс
200\200.prt	Включена	Расчет	1.0838	1.1296	97.692	437.82
200\200a.prt	Включена	Расчет	1.0838	52.71	0.0022	0.023682
501\501a.prt	Включена	Расчет	1.0838	180.83	0.40505	0.32448
501\501.prt	Включена	Расчет	1.0838	7.8356	14.527	9.5588
502\502a.prt	Включена	Расчет	1.0838	238.16	0.46159	0.27531
502\502.prt	Включена	Расчет	1.0838	12.487	9.0774	5.1459
601\601a.prt	Включена	Расчет	1.0838	270.56	0.32982	0.21888
601\601.prt	Включена	Расчет	1.0838	13.965	8.2336	4.5829
701\701a.prt	Включена	Расчет	1.0838	177.67	0.48552	0.33265
701\701.prt	Включена	Расчет	1.0838	7.8068	14.927	8.1224

14:15:59: 701\701a.prt (9/10) инициализирован.
14:16:00: 701\701.prt (10/10) инициализирован.
14:16:00: все проекты локализированы.
14:16:04:пуск пакетного расчета.

Рис. 1. Пакет комплексной модели системы управления СПД

Разработка подводных модулей управления (ПМУ) осуществляется на основании проекта разделения основных магистралей течения добываемого газа между манифольдами.

Для каждого подводного модуля управления формируется проект-модель системы управления и расчетная схема гидравлической системы манифольда с установленной арматурой. На расчетной схеме гидравлической системы установлена арматура, управление которой осуществляется с данного подводного модуля.

Рассмотрим подводный модуль управления (ПМУ) 502. Здесь используются два проекта: 502.prt – модель гидравлических систем (рис. 2) и 502a.prt – проект системы управления ПМУ (рис. 3).

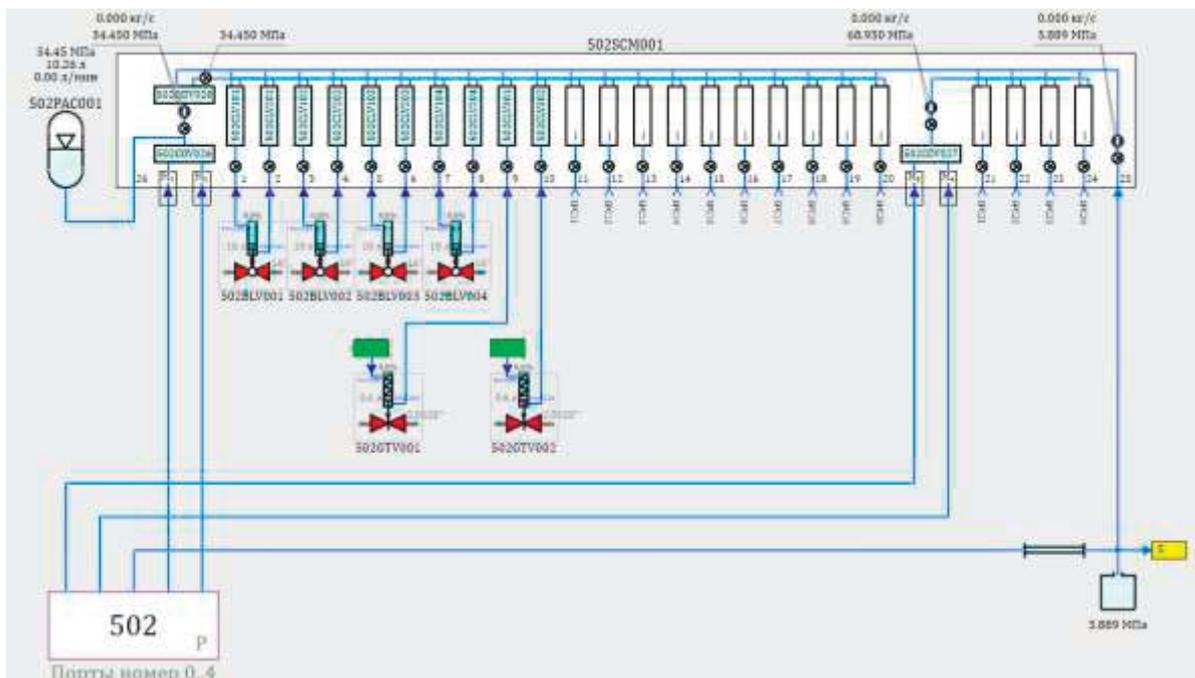


Рис. 2. Гидравлическая схема ПМУ

Данная расчетная схема обеспечивает моделирование поведения гидравлической системы управления и расчет расходов и давлений в системе, управляемой с помощью 502 ПМУ. Расчетная схема позволяет задавать воздействия на исполнительные механизмы и получать данные датчиков, рассчитанные в модели физических процессов.

В системе на рисунке 2 изображены четыре гидравлических запорно-регулирующих арматур (ЗРА).

Проект управляющего ПО подводного модуля управления содержит несколько расчетных блоков. В данном случае разделение на модули происходит по функциональному признаку, каждый блок отвечает за управления определенным типом арматуры.

Рассмотрим процесс проектирования блока управления запорно-регулирующей аппаратурой.

Расчетная схема блока состоит из двух листов алгоритмов. Первый лист представлен на рисунке 3. На рисунке схема изображена в процессе моделирования – на линиях отражаются расчетные значения текущего модельного времени.

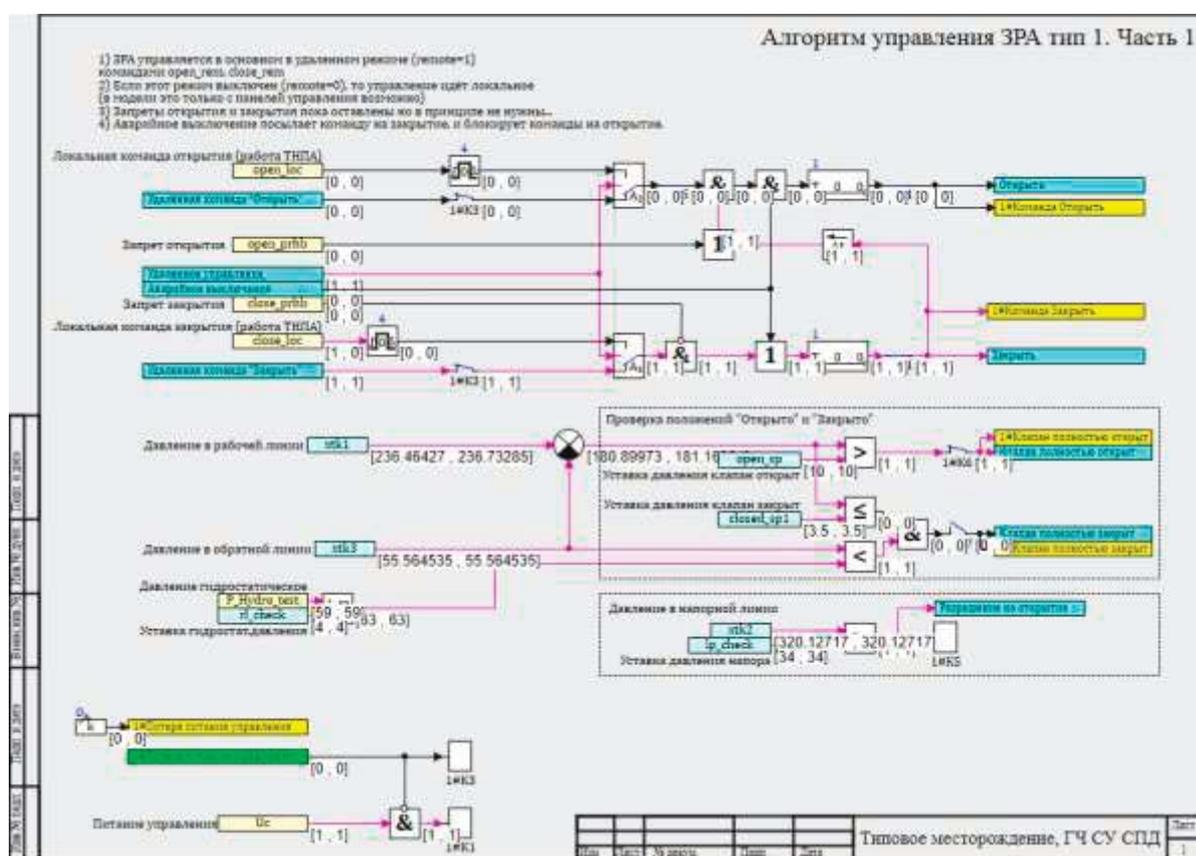


Рис. 3. Расчетная схема блока управления арматурой. Лист 1

Расчетная схема блока управления арматурой является векторной. Это значит, что по каждой линии передается не один сигнал управления, а вектор сигналов, размерность которого соответствует количеству оборудования данного типа, установленного в ПМУ.

Все переменные сигналы и параметры, которые нужны для блока управления, помещаются в соответствующую категорию базы сигналов **ZRAT1**. Часть категории представлена на рисунке 4.

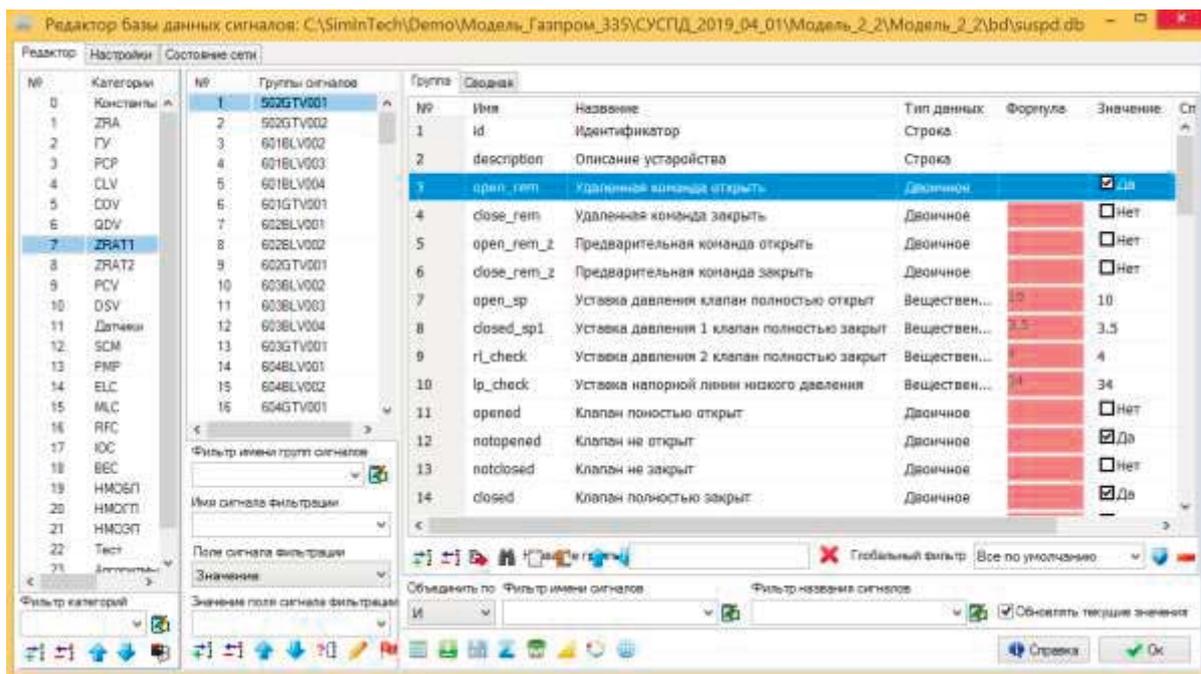


Рис. 4. База данных сигналов оборудования СУ СПД

Верификация управляющего ПО с использованием гидравлической модели.

Проверенные путем изолированного моделирования расчетные модули ПО запускаются в расчет совместно с математической моделью гидравлической системы СПД. Рассчитанные значения передаются в блок обработки сигналов датчиков и направляются в алгоритмы обработки. Физическая модель оборудования позволяет оценить работу системы в динамике и проверить принимаемые проектные решения в динамических режимах.

Такая модель уже вполне может подтвердить выполнения требования к управляющему ПО типа приведенного выше.

«При превышении давления выше предельного, время открытия (закрытия) предохранительного клапана не должно превышать 5 секунд»

Например, для гидравлической системы управления подводной добычей важным фактором является сохранение давления в подводных аккумуляторах. Отсутствие давления в гидроаккумуляторе делает невозможным работу гидравлической системы управления. После активного использования гидравлической системы необходимо время для восстановления давления за счет работы наземной гидравлической станции. Модель позволяет оценить снижение и скорость восстановления давления при открытии и закрытии арматуры. Для этого мы выдаем команды на открытие и закрытие и оцениваем переходной процесс.

Расчетное моделирование отображается прямо на расчетной схеме, что позволяет оценить положение запорно-регулирующей арматуры (см. рис. 5).

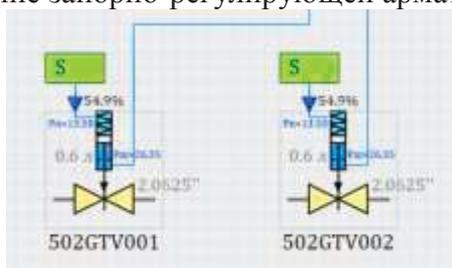


Рис. 5. Отображение положения клапана на расчетной схеме

На рисунке 6 представлен процесс изменения давления в аккумуляторе и расхода при открытии и закрытии одновременно двух клапанов. Можно оценить просадку давления, расход гидравлической жидкости и время восстановления давления.

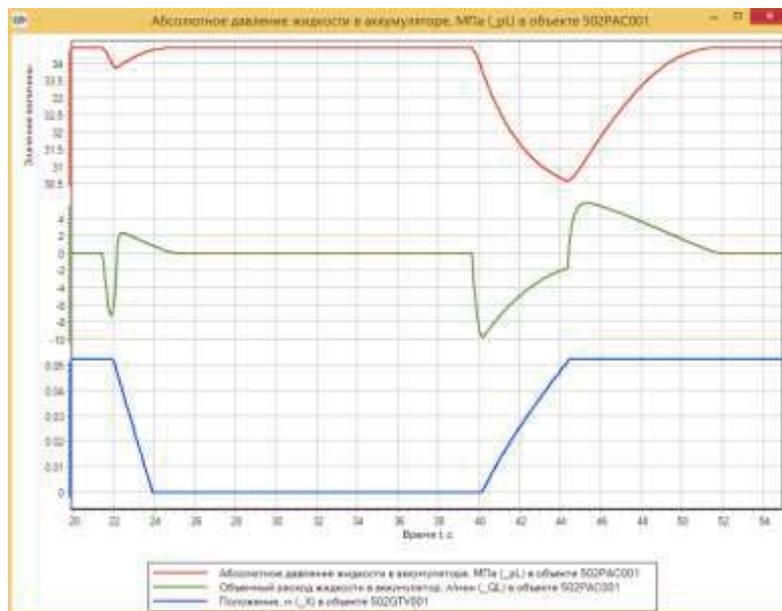


Рис. 6. Результаты моделирования работы 2-х ЗРА

Видно, что два клапана одновременно открываются за 5 секунд, при полностью заряженном гидроаккумуляторе.

Отсюда можно сделать вывод, что для удовлетворения требования «закрытия (открытия) аварийного клапана за 5 сек», мы должны одновременно открывать или закрывать только одну арматуру ЗРА, подключенную к тому же аккумулятору, что и аварийный клапан, и выдерживать после каждой операции не менее 8 секунд (время восстановления давления в гидроаккумуляторе). В противном случае мы можем не обеспечить требуемое время закрытия (открытия аварийного клапана).

На этом простом примере показано как модель обеспечивает возможность установить правильные значения задержек в алгоритмах управления.

Выводы

Математическая модель объекта значительно повышает качество тестирования управляющего программного обеспечения. Математическая модель позволяет оценить переходные процессы и проверить выполнение требований в различных режимах работы объекта на ранних стадиях проектирования. Что приводит к сокращению общей стоимости и времени проектирования.